



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 05 300 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**B 60 G 17/02**  
B 60 G 11/16

21 Aktenzeichen: 101 05 300.2  
22 Anmeldetag: 2. 2. 2001  
43 Offenlegungstag: 8. 8. 2002

DE 101 05 300 A 1

71 Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

72 Erfinder:  
Schiel, Lothar, 65719 Hofheim, DE; Neumann,  
Ulrich, Dr., 64380 Roßdorf, DE; Drumm, Stefan S.,  
55291 Saulheim, DE

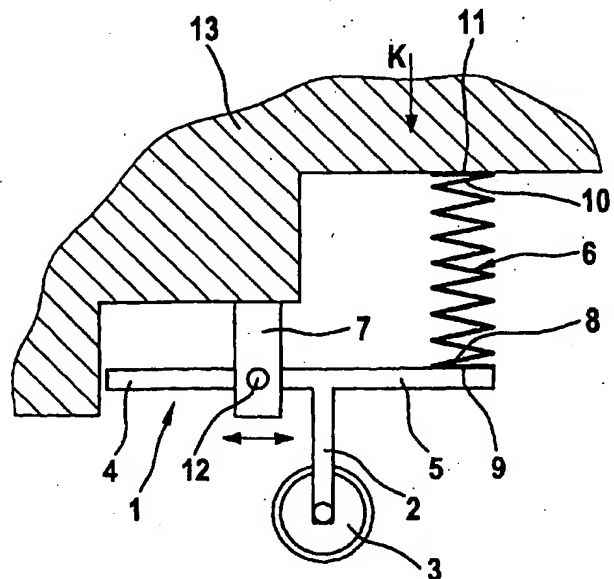
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 43 17 510 A1  
DE 42 05 535 A1  
DE 37 18 390 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Federung mit veränderlicher Tragkraft für ein Kraftfahrzeug

57 Die Erfindung geht aus von einer Federung für ein Fahrzeug bei dem das Fahrzeug (13) gegenüber der Radachse (3) über eine Stahlfeder (6) abgestützt ist. Derartige Federn (6) sind im Vergleich zu pneumatischen Federn preiswert, nachteilig bei den Stahlfedern (6) ist es, daß sie in ihrer Tragkraft von der jeweiligen Belastung abhängig sind. Die Stahlfedern sinken somit bei höherer Belastung ein bzw. dehnen sich bei geringerer Belastung aus. Aufgabe der Erfindung ist es eine verstellbare auf der elastischen Deformation der Stahlfedern basierende Tragfedernordnung so zu gestalten, dass die Tragkraft durch einen Stellantrieb variiert werden kann. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, ein Hebelgetriebe (4, 5) vorgesehen ist, in welchem der Einfederweg des Rades (3) gegenüber der Deformation der Feder (6) veränderbar ist.



DE 101 05 300 A 1

[0001] Die Erfindung geht zum einen aus von den bekannten Stahlfedern zum elastischen Abstützen der Gewichtskraft eines Fahrzeugaufbaus auf den Radachsen und zum andern von den ebenfalls bekannten Luftfedern, bei denen die elastische Kraftübertragung durch ein komprimierbares Gasvolumen erfolgt.

[0002] Der Vorteil der Gasfedern gegenüber Stahlfedern besteht darin, dass die statische Länge der Gasfeder an eine sich ändernde Traglast durch Zufuhr oder Abgabe einer entsprechenden Gasmenge angepasst werden kann. Außerdem bleibt, wenn eine solche Niveauregulierung erfolgt, die Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems bestehend aus Tragfeder und Aufbaumasse in guter Näherung unabhängig von Beladungsänderungen. Nachteilig ist bei Luftfedern, dass im Fahrzeug eine aufwendige Luftversorgungseinheit bestehend aus Antrieb, Kompressor, Luftentfeuchtung und pneumatischen Ventilen mitgeführt werden muss.

[0003] Es gibt Vorschläge für die Entwicklung einer Verstellereinheit für Luftfedern, die die Forderung nach minimalem Aufwand an Stellenergie auf pneumatischem Wege realisiert. Dazu wird an eine bekannte Luftfeder ein pneumatischer Tragkraftvariator angeschlossen, der über einen mechanischen Antrieb verstellt wird. Nachteilig ist dabei der große Aufwand an Bauraum, die erforderliche fluidische Verbindung des pneumatischen Kraftvariators zum Luftfederbein mit einem für schnelle Verstellungen ausreichendem Querschnitt, sowie die Notwendigkeit einer kompletten Luftversorgungs-Infrastruktur.

[0004] Weiterhin ist ein, hydraulisch verstellbares Federbein bekanntgeworden, bei dem ein Einsinken der Stahlfeder infolge einer erhöhten Traglast durch einen hydraulischen Hubzylinder kompensiert wird. Nachteilig ist hier, dass der hydraulische Aktuator dabei eine Hubarbeit verrichten muss, die nach dem Ausregeln der erhöhten Traglast als potentielle Energie in der Tragfeder vorliegt. Eine aufwendige hydraulische Energieversorgung ist daher notwendig. Außerdem ändert sich die Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems bei Zuladung in unvorteilhafter Weise zu niedrigeren Werten.

[0005] Die Erfindung geht daher aus von einer sich aus dem Oberbegriff des Anspruch 1 ergebenden Merkmalskombination. Bei einer derartigen Federung für ein Fahrzeug stellt sich die Aufgabe, eine verstellbare, auf der elastischen Deformation eines Festkörpers (Stahlfeder) basierende Tragfederanordnung so zu gestalten, dass die Tragkraft durch einen Stellantrieb variiert werden kann.

[0006] Die Aufgabe wird durch die sich aus dem kennzeichnenden Teil des Anspruch 1 ergebende Merkmalskombination gelöst. Die Erfindung besteht im Prinzip also darin, dass eine herkömmliche Tragfeder in einem speziellen mechanischen Hebelgetriebe angeordnet wird, welches es erlaubt, das Übersetzungsverhältnis vom Rad-Einfederweg zur Deformation der Feder zu variieren. Durch Einsatz eines derartigen Systems ist es möglich die ein Einfederweg des Rades weitgehend unabhängig von der Belastung des Fahrzeuges zu halten. Während bei einer Verwendung einer Stahlfeder ohne die Merkmale der vorliegenden Erfindung bei einer Vergrößerung der Last das Fahrzeug einsinkt und ein geändertes Schwingungsverhalten zeigt ist dies bei einem mit der Erfindung versehenen Fahrzeug nicht der Fall. Eine Änderung der Beladung eines Fahrzeuges hat somit kaum Einfluß auf das Schwingungsverhalten des Fahrzeuges und damit auf die Stabilität.

[0007] An sich ist es möglich bei einer Änderung der Traglast die erfindungsgemäße Federung mit der Hand nachzuregulieren. Wenn also das Fahrzeug höher belastet wird und

droht einzusinken, läßt sich durch eine entsprechende Nachstellung der Federung hier wieder ein Ausgleich schaffen. Erheblich einfacher wird dies durch Anwendung der in Anspruch 2 aufgeführten Merkmalskombination. Steigt also beispielsweise ein Fahrgast aus oder wird das Fahrzeug in seiner Beladung vermindert, so wird die Übersetzung des Hebelgetriebes derart abgeändert, dass der Einfederweg des Rades auch bei verminderter Beladung sich nicht wesentlich ändert. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn eine derartige Veränderung immer in der Weise geschieht, dass die Feder möglichst wenig deformiert wird. Eine derartige Deformation vernichtet Energie und führt zur Wärmebildung, die gemäß der genannten Weiterbildung der Erfindung entsprechend Anspruch 2 vermieden werden kann. Dass Nachregeln kann dabei sehr schnell geschehen, sodaß auch Schwingungen des Fahrzeuges wie kurze Belastungsänderungen aufgefaßt werden können, die sich weitgehend ausregeln lassen. Auf diese Weise kann die Federung gleichzeitig auch noch eine Dämpfungsfunktion übernehmen. Die Besonderheit der Ausgestaltung nach Anspruch 2 liegt darin, dass beim nominalen Rad-Einfederweg des Systems eine Verstellung der Getriebeübersetzung nicht zu einer Deformationsänderung der Feder führt.

[0008] Ein besonders einfacher Aufbau für eine mechanische die Getriebeübersetzung ergibt sich in Weiterbildung der Erfindung durch die Merkmalskombination nach Anspruch 3. Dabei greift im Prinzip die Achse des Rades an einem Waagebalken an, welcher um diese Achse drehbar ist. Weiterhin greifen in geeigneter Weise sowohl die Stahlfeder als auch die Karosserie selbst an Angriffspunkten des Waagebalkens an. Die Angriffspunkte, die die entsprechenden Hebel festlegen, werden dabei in Abhängigkeit von in der jeweiligen Last so gewählt bzw. verstellt, daß der Waagebalken im Gleichgewicht bleibt und auch bei sich ändernder in Belastung seine Lage beibehält. Hierzu muß die Kraftverteilung zwischen der direkt von der Karosserie auf den Waagebalken aufgetragenen Kraft und der über die Feder aufgetragenen Kraft durch Verschieben der Angriffspunkte in Abhängigkeit von der neuen Last neu eingestellt werden. Diese Einstellung geschieht dabei derart, daß die Hebel, an denen die Kräfte angreifen, entsprechend verlängert bzw. verkürzt werden.

[0009] Eine vorteilhafte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Hebelgetriebes beschreiben die Merkmale nach Anspruch 4. Dabei wird der Angriffspunkt der direkt von der Karosserie übertragenen Kraft immer derart verschoben, dass der Waagebalken seine (waagrechte) Lage nur unwesentlich verändert, so daß auch die Länge der Feder nicht verändert wird, die infolgedessen nicht deformiert wird.

[0010] Eine zweite vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung läßt sich den Merkmalen nach Anspruch 5 entnehmen. Der Vorteil dieser Ausgestaltung liegt darin, dass der Angriffspunkt der Karosserie an dem Waagebalken stationär ist. Allerdings muß der Angriffspunkt der Feder an der Karosserie nachgeregelt werden. Entsprechendes gilt für die Ausgestaltung nach Anspruch 8., wobei in diesem Falle der Angriffspunkt der Feder an der Karosserie stationär ist während der Angriffspunkt der Feder an dem Waagebalken nachgeregelt werden muß.

[0011] Bei der Anwendung der Merkmalskombination entsprechend den Ansprüchen 5 und 8 empfiehlt sich in Weiterbildung der Erfindung insbesondere die Verwendung der Merkmale nach Anspruch 6 bzw. 9. Eine derartige erwünschte Vermeidung der Deformation der Stahlfeder läßt sich in Weiterbildung der Erfindung durch die Merkmale der Ansprüche 7 bzw. 10 erreichen.

[0012] Um die Nachregelung der Lage der entsprechenden Angriffspunkte einfach durchführen zu können wird in

Weiterbildung der Erfindung die Merkmalskombination nach Anspruch 11 vorgeschlagen. Danach werden für eine der Nachstellung dienende Regelung vorzugsweise elektrische Signale abgebende Sensoren eingesetzt, die z. B. die Radeinfederung, die Beschleunigung der Karosserie oder den Lenkwinkel messen können.

[0013] Drei Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert. Darin zeigen die

[0014] Fig. 1a und 1b ein mechanisches Hebelgetriebe, bei dem die Nachstellung durch Verschieben des Angriffspunktes der Karosserie auf dem Waagebalken geschieht,

[0015] Fig. 2a und 2b ein mechanisches Hebelgetriebe, bei dem die Nachstellung durch Verschieben des Angriffspunktes der Feder an der Karosserie geschieht und

[0016] Fig. 3a und 3b ein mechanisches Hebelgetriebe, bei dem die Nachstellung durch Verschieben des Angriffspunktes der Feder auf dem Waagebalken geschieht.

[0017] In Fig. 1 stützt sich ein T-förmiger Waagebalken 1 mit seinem in der Fig. 1a senkrechten Balken 2 drehbar an einem Rad 3 ab, während an den beiden waagrechten Hebeln 4, 5 eine Stahlfeder 6 und ein Abstützblock 7 angreifen. Das zweite Ende 8 der Feder 6 greift über einen 2. Auflagepunkt 9 an dem Hebel 5 an während das gegenüberliegende erste Ende 10 der Feder 6 an einem dritten Auflagepunkt 11 sich abstützt. Der zweite Auflagepunkt 12 des Abstützblockes 7 ist auf dem Waagebalken in waagrechtlicher Richtung verschiebbar. Sinkt die Auflagekraft K der Karosserie 13 in Fig. 1a, so wird die Feder 6 versuchen die Karosserie 13 zu heben. Will man erreichen, dass die beiden Hebel 4, 5 auch bei verminderter Kraft K in Fig. 1a in ihrer waagrechten Lage verbleiben, so ist es notwendig, den Abstützblock 7 in der Zeichnung nach links zu Verschieben, um ein größeres Drehmoment zu erhalten. Durch Verschieben des 2. Auflagepunktes 12 lässt sich also erreichen, dass der Waagebalken 1 auch bei veränderter Last K in seiner waagrechten Lage verbleibt. Da in diesem Fall die Lage der Auflagepunkt der der Feder 6 sich nicht ändert, geschieht die Anpassung des mechanischen Hebelbetriebes ohne Deformation der Feder und damit weitgehend ohne Energieverlust.

[0018] Fig. 1b zeigt den Zustand des Hebelgetriebes nach Fig. 1a bei verminderter Last K. Das Prinzip des Hebelgetriebes ist somit folgendes. In Fig. 1 stützen sich die Radkraft und die Federkraft auf einem Waagebalken ab, der am Fahrzeugaufbau gelenkig, in horizontaler Richtung verschiebbar und in vertikaler Richtung nicht verschiebbar befestigt ist. Ein nicht dargestellter Stellantrieb kann die Länge mindestens eines Hebelarms verändern. Im gezeigten Beispiel geschieht dies durch ein horizontales Verschieben des vertikal aufbaufesten Gelenkpunktes. Eine Niveauregelung lässt sich dadurch erreichen, dass der Stellantrieb den Gelenkpunkt zu jedem Zeitpunkt an die durch den momentanen Wert der Tragkraft bestimmte Stelle fährt, bei der der Waagebalken in der skizzierten waagerechten Lage austariert ist. Wenn diese Regelung schnell genug erfolgt bleibt der Balken waagrecht und beim Verschieben ist keine Stellarbeit zu leisten. Wenn die Regelung zu langsam erfolgt bewegt sich die Radeinfederung bei einer Traglasterhöhung vom Nominalwert weg. Um diese Abweichung wieder auszugleichen ist vom Aktuator Hubarbeit zu leisten. Diese Hubarbeit ist um so geringer, je schneller die Regelstrecke reagiert. Daher kann hier besonders vorteilhaft ein hochdynamische elektromechanische Aktuator eingesetzt werden, der z. B. auch für die für die elektromechanische Radbremse geeignet ist, wobei der zur Tragkraftvariation benötigte Stellenergieaufwand minimal ist.

[0019] Die zum erfindungsgemäßen Tragkraftvariatorsystem gehörende Regelung hält die Feder auf konstanter

Länge und daher konstanter Federkraft. Mithin ändert sich bei arbeitender Regelung nicht wie beim herkömmlichen passiven Federbein die Federbeinlänge sondern die effektive Federsteifigkeit des Systems. Diese wird von der Regelung proportional zur Tragkraft und damit proportional zur getragenen Masse gehalten. Die Eigenkreisfrequenz der Vertikalschwingung des Fahrzeugs ist

$$w = \sqrt{\text{effektiv-e Steifigkeit/Masse}}$$

und ist daher wie bei der niveaugeregelten Gasfeder unabhängig von der Zuladung.

[0020] Fig. 2 zeigt eine Variante der Erfindung, bei der die Feder mit Hilfe eines nicht dargestellten Stellantriebs geschwenkt werden kann. Eine solche Anordnung ist konstruktiv einfach zu realisieren. Die wesentliche Änderung zu der Ausführungsform nach Fig. 1 besteht darin, daß der zweiten Auflagepunkt 12 nunmehr ortsfest an der Karosserie 13 angeordnet ist, wobei der Hebel 4, 5 um den Auflagepunkt 12 schwenkbar ist. Der dritte Auflagepunkt 11 des ersten Endes 10 der Feder 6 ist auf einer vorzugsweise kreisförmig gekrümmten Bahn 16 derart verschiebbar, daß unabhängig von der Winkelstellung der Feder 6 deren Länge nicht verändert ist. Es bedarf keiner theoretischen Erörterung um zu erkennen, daß bei einer Verringerung der Last K der Karosserie 13 das erste Ende 10 der Feder kreisbogenförmig um einen hinreichenden Betrag verschoben werden muß, um den aus den Hebeln 4, 5 bestehenden Waagebalken 1 auch bei veränderter Last in waagrechtlicher Stellung zu halten, wie dies in Fig. 2b gezeigt ist.

[0021] Fig. 3 zeigt eine weitere Variante mit schwenkbarer Tragfeder, bei der der untere Lagerpunkt der Tragfeder auf einem mit dem Rad verbundenen Hebel verschoben wird. Bei der Ausführungsform nach Fig. 3 ist das in Verbindung mit Fig. 2 geschilderte Prinzip umgekehrt, indem das erste Ende 10 der Feder 6 in der Karosserie 13 stationär festgehalten wird während das zweite Ende 8 der Feder auf einem Kreisbogen verschiebbar angeordnet ist. Es bedarf keiner der Erörterungen, um zu erkennen, dass bei einer großen Last der der Feder zugeordnete Hebel lang gehalten werden muß während bei einer verkleinerten Last der wirksame Hebelarm der Feder 10 an dem Waagebalken verkürzt werden muß.

[0022] Der Rahmen der Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Selbstverständlich gibt es noch eine Reihe anderer Möglichkeiten, den Erfindungsgedanken in eine Konstruktion umzusetzen, als die in den Fig. 1 und 2 beispielhaft dargestellten mechanischen Getriebe. Wesentlich ist, dass eine vorgespannte Feder in das Tragkraftvariatorsystem eingebunden ist, dass die mechanische Übersetzung von Radeinfederung zur Federdeformation mit einem Aktuator einstellbar ist und diese Verstellung beim Nominalwert der Radeinfederung (Konstruktionslage) ohne eine Längenänderung der Feder und daher ohne Stellenergieaufwand durchführbar ist. Die zugehörige elektronische Regelung (in den Figuren nicht dargestellt) ist bestrebt, für die Radeinfederung den Nominalwert zu halten. Dazu sind mindestens die Wege der Radeinfederung zu sensieren. Weitere, für eine Regelung der Fahrzeug-Vertikaldynamik verwendbare Messgrößen sind Aufbaubeschleunigungen in allen Raumrichtungen und der Lenkwinkel.

[0023] Der erfindungsgemäße mechanische Tragkraftvariator erlaubt es, die Tragkraft einer Radaufhängung mit Hilfe eines mechanischen, vorzugsweise elektromechanischen Stellantriebs zu variieren, ohne dass die potentielle Energie (Federenergie) der Tragfeder dazu geädert werden muss. Dem entsprechend wird im Idealfall einer unendlich schnellen Regelung Stellenergie nur zur Überwindung von

Reibung und zur Beschleunigung der zur Verstellung bewegten Stellglieder aufgewendet. Der erfindungsgemäße Tragkraftvariator erzielt die gleichen vertikaldynamischen Effekte wie ein Luft-ABC-Verstelleinheit – jedoch mit wesentlich weniger Aufwand.

#### Patentansprüche

1. Federung für ein Fahrzeug, bei der eine Stahlfeder (6) sich zumindest mittelbar mit ihrem ersten Ende (10) an der Karosserie des Fahrzeugs und mit ihrem zweiten Ende (8) an der Radachse (3) abstützt, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein mechanisches Hebelgetriebe (4, 5) vorgesehen ist, durch welches das mechanische Übersetzungsverhältnis von dem Einfederweg des Rades (3) gegenüber der Deformation der Feder (6) veränderbar ist.
2. Federung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verstelleinrichtung zum Verstellen der Getriebesübersetzung vorgesehen ist, die bei einer Änderung der Belastung (K) des Fahrzeugs die Getriebesübersetzung derart verstellt, daß die eingestellte Getriebesübersetzung die Deformationsänderung der Feder (6) minimiert.
3. Federung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung mit einem Waagebalken (1) versehen ist, welcher drehbar an dem Rad (3) des Fahrzeugs gelagert ist, daß sich die Feder mit ihrem zweiten Ende (8) über einen ersten Auflagepunkt (9) an dem Waagebalken abstützt und dass der Waagebalken zusätzlich noch einen zweiten Auflagepunkt (12) besitzt, über denen sich die Karosserie (13) an dem Waagebalken (1) abstützt.
4. Federung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Karosserie (13) derart an dem Waagebalken abstützt, dass der Waagebalken an der Karosserie (13) in dem zweiten Auflagepunkt (12) drehbar und in vertikaler Richtung nicht verschiebbar befestigt ist, wobei der zweite Auflagepunkt (12) auf dem Waagebalken (1) in horizontaler Richtung durch die Verstelleinrichtung verschiebbar ist. (Fig. 1)
5. Federung nach Anspruch 4 dadurch gekennzeichnet, daß der Waagebalken (1) an der Karosserie (13) drehbar aber unverschiebbar gelagert ist und dass der Abstützpunkt (11) des ersten Endes (10) der Feder (6) an der Karosserie (13) durch in die Verstelleinrichtung verschiebbar ist (Fig. 2).
6. Federung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstützpunkt (11) der Feder an der Karosserie (13) derart verschiebbar ist, daß die Feder (6) bei sich änderndem Übersetzungsverhältnis eine geringe oder keine Längenänderung erfährt (Fig. 2).
7. Federung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstützpunkt auf einer im wesentlichen kreisförmigen Konturlinie (16) an der Karosserie (13) verschiebbar ist (Fig. 2).
8. Federung nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, daß der Waagebalken (1) an der Karosserie (13) drehbar aber unverschiebbar gelagert ist und dass der Abstützpunkt (9) des zweiten Endes (8) der Feder (6) an einen dem Waagebalken (1) durch in die Verstelleinrichtung verschiebbar ist (Fig. 3).
9. Federung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstützpunkt (9) der Feder (6) an dem Waagebalken (1) derart verschiebbar ist, daß die Feder (6) bei sich änderndem Übersetzungsverhältnis eine geringe oder keine Längenänderung erfährt (Fig. 3).
10. Federung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

net, dass der Abstützpunkt (9) auf einer im wesentlichen kreisförmigen Konturlinie an dem Waagebalken (1) verschiebbar ist (Fig. 3).

11. Federung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung mit einer Regeleinrichtung versehen ist, die mit Sensoren verbunden ist, welche den Weg der Radeinfederung und/oder der Beschleunigung der Karosserie und/oder den Lenkwinkel messen.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

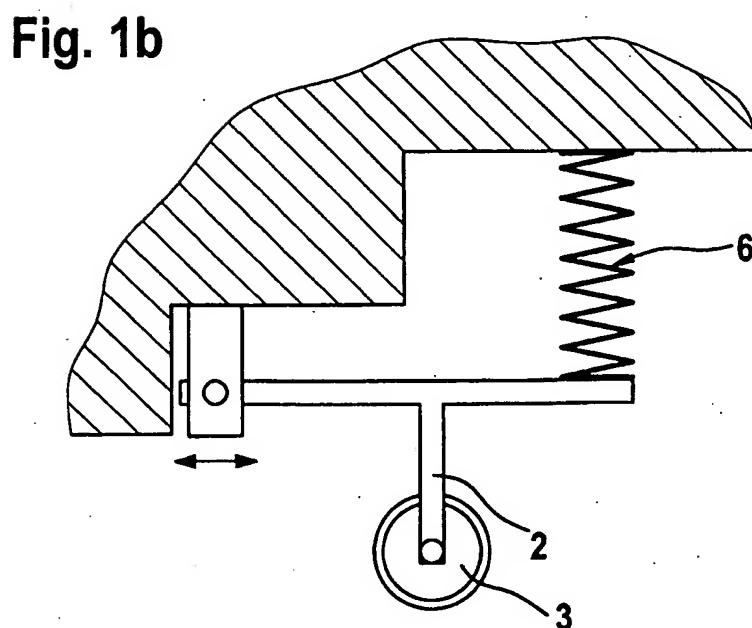
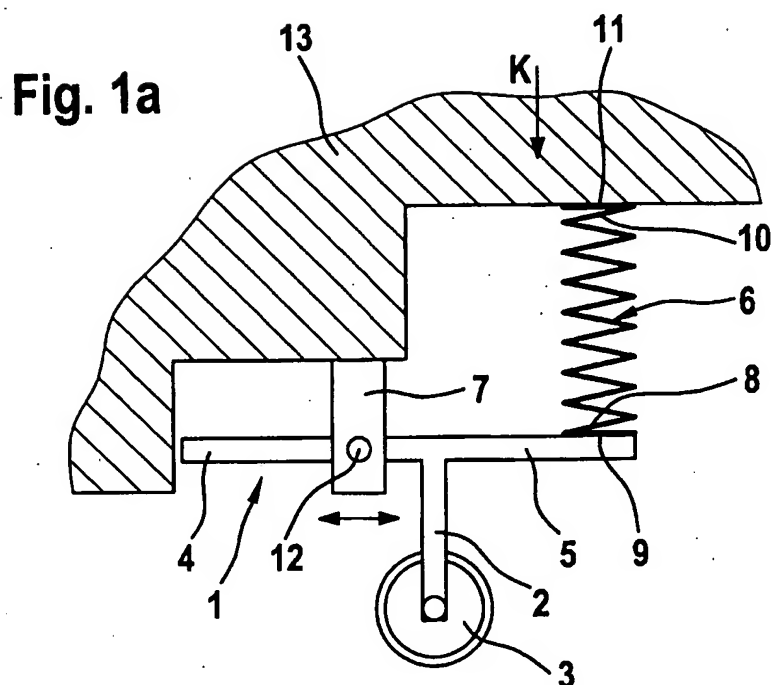


Fig. 2a

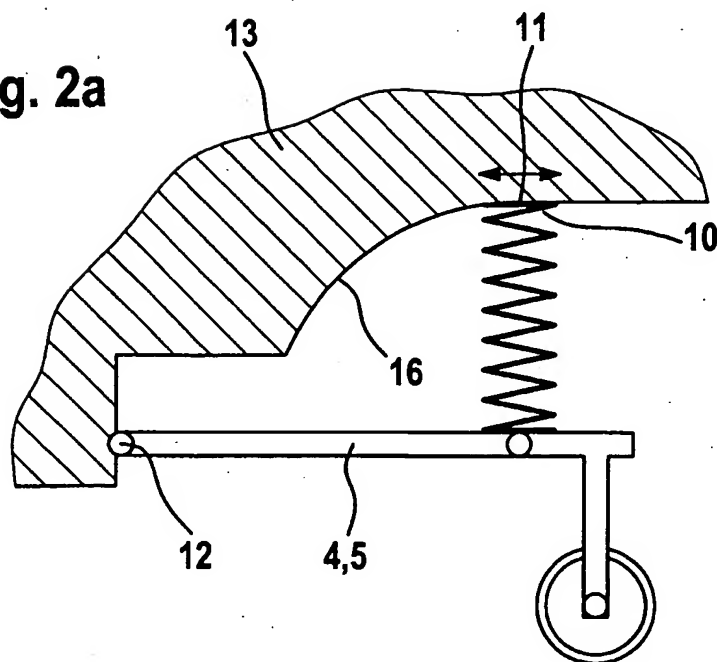


Fig. 2b

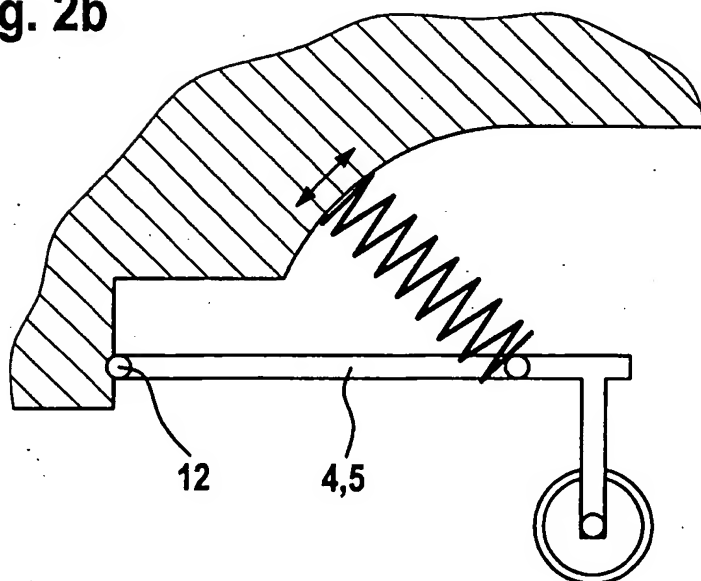


Fig. 3a

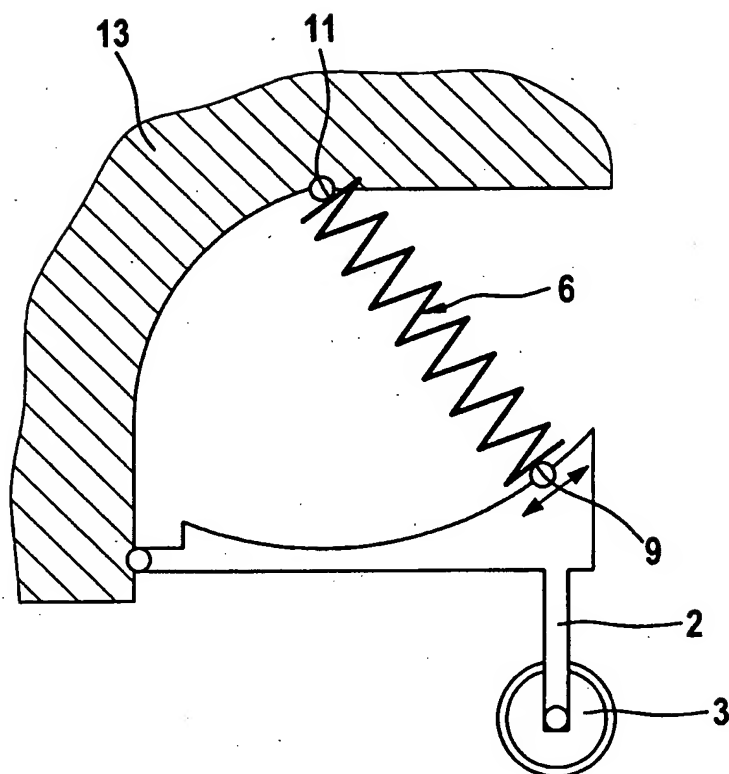


Fig. 3b

